

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADA  
EN LA CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS DE LABORATORIO DE SALUD  
PÚBLICA DE RISARALDA**

**JULIÁN DAVID ORTIZ UMAÑA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
PEREIRA**

**2018**

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADA  
EN LA CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS DE LABORATORIO DE SALUD  
PÚBLICA DE RISARALDA.**

**JULIÁN DAVID ORTIZ UMAÑA**

**Modalidad del trabajo de grado: Prácticas de extensión**

**Director: Libardo Vanegas Useche**

**Docente titular de la Facultad de Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PEREIRA**

**2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

Para llevar a cabo este trabajo fue necesario del apoyo de muchas personas, por ello es necesario realizar un mención especial por dicho apoyo.

En primer lugar, agradezco a mi director de tesis, quien con sus consejos y recomendaciones fue eje fundamental en el desarrollo de este proyecto; gracias por su dedicación al realizar las correcciones necesarias para que el trabajo quedara de la mejor manera posible.

A mi abuela, la mujer que con su acompañamiento incondicional y comprensión logró que toda la realización del proceso fuera más llevadera.

A los diferentes ingenieros y personal del Laboratorio de Salud Pública que colaboró con su experiencia y conocimiento respecto a los procesos manejados en el laboratorio.

## **RESUMEN**

El mantenimiento basado en la confiabilidad es una herramienta que fue desarrollada al final de la década de los años 1950 en el sector de la aviación, debido a la necesidad de reducir los altos costos derivados de la sustitución sistemática de piezas, la cual amenazaba la rentabilidad de tales compañías. Las empresas asumían que los motores y otras partes importantes de los aviones se gastaban después de cierto tiempo, y consecuentemente con esto se empezó a creer que las reparaciones periódicas detendrían el gasto de las piezas y así se podrían prevenir las fallas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducían, por el contrario, se incrementaban. Es por ello que el desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad tiene como finalidad la de ayudar a las directivas de la empresa a determinar las políticas que permitan mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas.

El presente trabajo de grado realizado bajo la modalidad de práctica de extensión es el producto de 5 meses de estudio en la Secretaría de Salud Departamental, dependencia Laboratorio de Salud Pública de Risaralda, en donde el eje fundamental eran los equipos pertenecientes a dicha entidad pública.

Durante la práctica se llevó a cabo una revisión del inventario, correspondiente a 289 elementos, de los cuales 280 son equipos, 8 son accesorios (líneas de gas) y uno es 1 kit de pesas (juego de patrones para las balanzas). Debido a la gran cantidad de activos, éstos se distribuyeron en tipos de equipos, dando como resultado 61 tipos. Se realizó una revisión de las hojas de vida de los equipos del laboratorio, para luego realizar un análisis de criticidad que permitiera determinar cuáles eran los equipos más críticos, para realizar un análisis de modo y efecto de falla a dichos equipos. Finalmente, se formularon planes de acción, como acciones correctivas y desarrollo y programación de actividades de mantenimiento que permitieran eliminar o contrarrestar las fallas potenciales encontradas. Todo esto encaminado a brindar herramientas que permitan darles un mejor uso a los equipos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda.

Para desarrollar el proyecto se tomaron como guías los manuales y hojas de vida del laboratorio. También fue necesario el conocimiento de los analistas, con respecto a los métodos y experiencias

vividas con los equipos. Por último, se tuvieron en cuenta algunos de los parámetros estipulados en la norma NTC/ISO 17025:2005; todos estos enfocados en el manejo y administración de los equipos. Como resultado, se desarrollaron procesos para mejorar la toma de decisiones con respecto a la realización de un mantenimiento o una calibración, ya que debido a la complejidad de algunos equipos, es común que su costo de mantenimiento o calibración sea alto. Por tal razón, se desarrollaron 49 formatos para los diferentes tipos de equipos del laboratorio, en los cuales se establecieron características como sus componentes principales, posibles fallas en esos componentes, el efecto que tienen estas en el proceso y las acciones correctivas a seguir. Para algunas acciones correctivas, se desarrollaron instructivos que permitirán al analista o encargado de mantenimiento realizar dichas acciones de manera adecuada. Se desarrollaron y programaron actividades de mantenimiento para los diferentes tipos de equipos, todas estas apoyadas en las actividades recomendadas por los manuales de operación de los equipos. Algunas actividades de mantenimiento tienen sus instructivos, ya que debido a la complejidad de la actividad o a las recomendaciones del manual de operación, es necesario desarrollar dichos instructivos. Se tienen cerca de 54 instructivos desarrollados específicamente para algunos equipos, adecuados al formato de la gobernación y codificados de tal manera que es fácil saber a qué tipo de equipo pertenece.

En conclusión, el proyecto presenta cómo se implementa la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad de los equipos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda, buscando de esta manera aportar herramientas que mejoren la administración y uso de los equipos y que por supuesto aporten al logro de la acreditación del laboratorio bajo la norma NTC/ISO 17025:2005.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3. OBJETIVOS .....	13
1.4. ALCANCE DEL PROYECTO .....	13
2. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA DE RISARALDA.....	14
2.1. MISIÓN .....	15
2.2. VISIÓN.....	15
2.3. .INFRAESTRUCTURA .....	15
3. MARCO TEÓRICO.....	16
3.1. MANTENIMIENTO .....	16
3.2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM).....	17
3.3. NORMA ISO IEC 17025:2005 .....	19
4. METODOLOGÍA .....	20
5. ESTUDIO DE CRITICIDAD .....	21
5.1. INTRODUCCIÓN.....	21
5.2. PARÁMETROS PARA EL DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	23
5.3. CLASIFICACIÓN POR ÁREA .....	24
6. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF) .....	39
6.1. INTRODUCCIÓN.....	39
6.2. TIPOS DE AMEF.....	39

6.3.	DEFINICIÓN DEL SISTEMA .....	40
6.4.	IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DEL SISTEMA ....	40
6.5.	FALLA FUNCIONAL .....	40
6.6.	CAUSA DE FALLA .....	41
6.7.	EFFECTO DE FALLA.....	41
7.	ACTIVIDADES Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	44
8.	PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE METROLOGÍA .....	46
9.	CONCLUSIONES .....	49
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	51

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Relación entre mantenimiento, calidad y producción.....	16
Figura 2. Flujograma de mantenimiento. ....	18
Figura 3. Colores distintivos para la clasificación de los equipos. ....	22
Figura 4. Flujograma de análisis de criticidad. ....	22



## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Área de microbiología de alimentos. ....	25
Tabla 2. Área de microbiología de aguas. ....	26
Tabla 3 Área de cromatografía e instrumentación. ....	28
Tabla 4. Área de incubación. ....	29
Tabla 5. Área de fisicoquímicos de alimentos. ....	30
Tabla 6 Área de fisicoquímicos de aguas. ....	32
Tabla 7 Área de micro-tuberculosis. ....	33
Tabla 8. Área de especiales. ....	34
Tabla 9. Área de inmuno-virología. ....	35
Tabla 10. Varios. ....	37
Tabla 11. Área de biológicos. ....	38
Tabla 12. Plantilla AMEF. ....	42
Tabla 13. AMEF para un turbidímetro del laboratorio de salud pública de Risaralda. ....	43
Tabla 14. Actividades a desarrollar para el desarrollo de un plan de metrología. ....	48

## TABLA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1: Equipos críticos .....	53
Anexo 2: AMEF .....	54
Anexo 3: Instructivos .....	55
Anexo 4: Plantilla hoja de vida sin cambios .....	56
Anexo 5: Plantilla hoja de vida con cambios .....	57
Anexo 6: Certificado de asistencia capacitación metrología .....	58
Anexo 7: Formato de falla.....	59

## **1. INTRODUCCIÓN**

Como parte de una iniciativa liderada por el Ministerio del Trabajo en coordinación con el Departamento Administrativo de la Función Pública, se ha creado el programa de Estado Joven cuyo objetivo es el de facilitar los procesos de transición desde el campo universitario al campo laboral, todo esto a través de la realización de las prácticas laborales en el sector público.

De acuerdo con esto, se realizó una práctica conducente a trabajo de grado en la SECRETARÍA DE SALUD DEPARTAMENTAL, en la dependencia Laboratorio de Salud Pública de Risaralda. Esta entidad tiene como función velar por el bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de los risaraldenses, a través de la realización de actividades de inspección, vigilancia y control, asesoría y asistencia técnica en sus áreas de atención al ambiente y a las personas. También, actividades de referencia y contrarreferencia, capacitación e investigación en apoyo a eventos de interés en salud pública, así como control y seguimiento de enfermedades. Estas actividades están de acuerdo a las establecidas por el Decreto 2323 del 2006.

El Laboratorio de Salud Pública se ha propuesto para el 2018 estar acreditado bajo la Norma NTC ISO/IEC 17025:2005, buscando de esta manera mejorar la prestación del servicio a los risaraldenses y también en el desarrollo de las actividades estipuladas anteriormente. De esta manera, se ha establecido una política de calidad, la cual ha implementado un sistema de gestión de calidad que se pretende regir bajo la Norma NTC ISO/IEC 17025:2005.

Los equipos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda son uno de los componentes esenciales para una adecuada prestación del servicio y el cumplimiento de las actividades misionales; por tal razón, es necesario que estos equipos tengan un control continuo y detallado a la hora de realizar sus actividades.

Consecuentemente, este proyecto tiene como fin contribuir a lograr la acreditación bajo la norma NTC ISO/IEC 17025:2005, estableciendo las pautas para el desarrollo de un mantenimiento centrado en la confiabilidad, apuntando de esta manera a mejorar la confiabilidad de los equipos utilizados en el Laboratorio de Salud Pública, como también a fortalecer la planificación,

desarrollo, verificación y ejecución de los planes de metrología y mantenimiento establecidos anteriormente por las directivas del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda.

### **1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Laboratorio de Salud Pública de Risaralda, como cabeza de red de los laboratorios existentes en el departamento, está obligado siempre a implementar herramientas y procesos que permitan mejorar y optimizar la ejecución de las actividades misionales. Los equipos pertenecientes al laboratorio cumplen un papel crucial en la ejecución de tales actividades. Por tal razón, las directivas del Laboratorio de Salud Pública han buscado poner en marcha un plan de metrología y mantenimiento que permita que los equipos del laboratorio estén siempre en excelentes condiciones, buscando de esta manera optimizar la confiabilidad operacional de estos, bajo unas condiciones de trabajo ya definidas. Sin embargo, al ser un programa que apenas se va a implementar, es necesario el desarrollo de métodos que certifiquen y fortalezcan la toma de decisiones respecto a las inversiones y planeación del programa anteriormente nombrado.

Por lo anterior, existe la necesidad de realizar un análisis a los equipos contenidos en cada área, partiendo de que qué tan esencial es cada equipo para el funcionamiento de dicha área y tomando en cuenta los posibles efectos que producirían los modos de falla de dichos equipos, sobre el ambiente, la seguridad y las operaciones. De esta manera, se obtendría información detallada que logre contribuir al desarrollo de posibles soluciones y el fortalecimiento del plan de metrología y mantenimiento.

### **1.2.JUSTIFICACIÓN**

La implementación de una metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad de los equipos es una herramienta que le permitirá al laboratorio conocer de manera general los sistemas que componen cada equipo del laboratorio, su función, la falla que se puede presentar en ese sistema, la posible causa, el efecto que tiene esta en el proceso y la acción correctiva que se debe tomar. Esto con el fin de tomar mejores decisiones a la hora de asignar recursos como: fuerza

laboral, materiales, repuestos y prioridad a la hora de programar los mantenimientos y calibraciones externas.

### **1.3.OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

- Desarrollar un plan de mantenimiento para los equipos críticos del Laboratorio de Salud Pública basándose en la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM).

#### **Objetivos específicos**

- Revisar la información referente a los equipos utilizados en el Laboratorio de Salud Pública, como lo son el inventario y hojas de vida de los equipos.
- Realizar un análisis de criticidad a las áreas contenidas en el Laboratorio de Salud Pública, para de esta manera identificar cuáles son los equipos más críticos en cada área.
- Realizar un análisis de modo y efecto de falla a los tipos de equipos más críticos en Laboratorio de Salud Pública.
- Desarrollar planes de acción para eliminar o corregir los problemas encontrados, basándose en la cadena de razonamiento propuesta por la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM).

### **1.4.ALCANCE DEL PROYECTO**

El objetivo de este proyecto es implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad en los equipos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda. Para lograr esto, primero se estableció la cantidad de elementos que se encontraban en el laboratorio: Son 289

elementos de los cuales 280 son equipos, 8 accesorios (líneas de gas) y 1 kit de pesas (juego de patrones para las balanzas). Estos 289 elementos están distribuidos en 19 áreas. Los 280 equipos se dividieron en tipos de equipos, dando como resultado 61 tipos de equipos. Se estableció desde un comienzo que no era posible analizar todos los tipos de equipos debido a su gran cantidad; por tal razón se llegó a un acuerdo de 50 tipos de equipos. Cabe resaltar que el laboratorio no cuenta con todos sus equipos inventariados y que algunos equipos no tienen mucha información, ya que son equipos que fueron comprados hace mucho tiempo.

## **2. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA DE RISARALDA**

El Laboratorio de Salud Pública de Risaralda es un establecimiento público que realiza actividades de inspección, vigilancia y control, asesoría y asistencia técnica en sus áreas de Atención al Ambiente y Atención a las Personas. Además, realiza actividades de referencia y contrarreferencia, capacitación e investigación en apoyo a eventos de interés en salud pública, así como control y seguimiento de enfermedades. [1]

El Departamento de Risaralda, dentro de su estructura orgánica, cuenta con la Secretaria de Salud Departamental, y dentro de la Dirección Operativa de Salud Pública cuenta con varios subprogramas, dentro de los cuales se tiene el Laboratorio de Salud Pública, el cual es el centro de referencia del departamento.

El Laboratorio de Salud Pública de Risaralda cuenta con dos unidades de vigilancia:

- Unidad de Vigilancia en Salud Pública (Área de atención a las personas)
- Unidad de Vigilancia de Factores de Riesgo, del Ambiente y el Consumo (Área de atención al ambiente).

La Unidad de Vigilancia en Salud Pública realiza la vigilancia e inspección de los eventos, sucesos o circunstancias que pueden modificar o incidir en la situación de salud de una comunidad. La Unidad de Vigilancia de Factores de Riesgo, del ambiente y el consumo realiza inspección y

vigilancia de la calidad de muestras de aguas, alimentos y bebidas alcohólicas, a los establecimientos públicos y acueductos municipales y rurales. [2]

## **2.1.MISIÓN**

El Laboratório de Salud Pública como cabeza de red de los laboratorios existentes en el departamento, contribuye al bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de los risaraldenses con responsabilidad ambiental y personal idóneo. Ejerce la coordinación, asesoría, asistencia técnica, inspección, vigilancia y control, de acuerdo a las actividades misionales establecidas en el Decreto 2323 de 2006. [1]

## **2.2.VISIÓN**

El Laboratório de Salud Pública en el 2018 estará acreditado en la Norma NTC ISO/IEC 17025:2005 con lo cual se fortalecerá el liderazgo como cabeza de red de los laboratorios del departamento, realizando las actividades de referencia y contrarreferencia, emitiendo resultados oportunos, veraces y confiables, fortaleciendo la investigación de los eventos en salud pública y consumando una gestión eficaz y eficiente de toda la red. [1]

## **2.3..INFRAESTRUCTURA**

El Laboratorio de Salud Pública está distribuido de la siguiente manera:

**Unidad de vigilancia de eventos de interés en salud pública:** en esta unidad se encuentran las siguientes secciones Microbiología, Inmunología, Virología, Parasitología y Microbacterias.

**Unidad de vigilancia de factores de riesgo del ambiente y del consumo:** en esta unidad se encuentran las siguientes secciones Fisicoquímico de Aguas, Fisicoquímico de Alimentos y

Bebidas Alcohólicas, Microbiológico de Aguas, Microbiológico de Alimentos y Bebidas Alcohólicas.

**Unidad técnica común:** preparación de reactivos, puesto de vigilancia.

**Unidad de apoyo:** Cuarto Eléctrico, Cuarto de Gases, Almacenamiento de Desechos Comunes, Almacenamiento de Desechos Peligrosos, Oficinas Bacteriólogas y Analistas, Oficina Coordinación, Oficina Auxiliar Administrativo, Almacenamiento de Insumos y Reactivos.

El área total del predio es de 900 m<sup>2</sup>, de los cuales hay construidos aproximadamente 400 m<sup>2</sup>.

### **3. MARCO TEÓRICO**

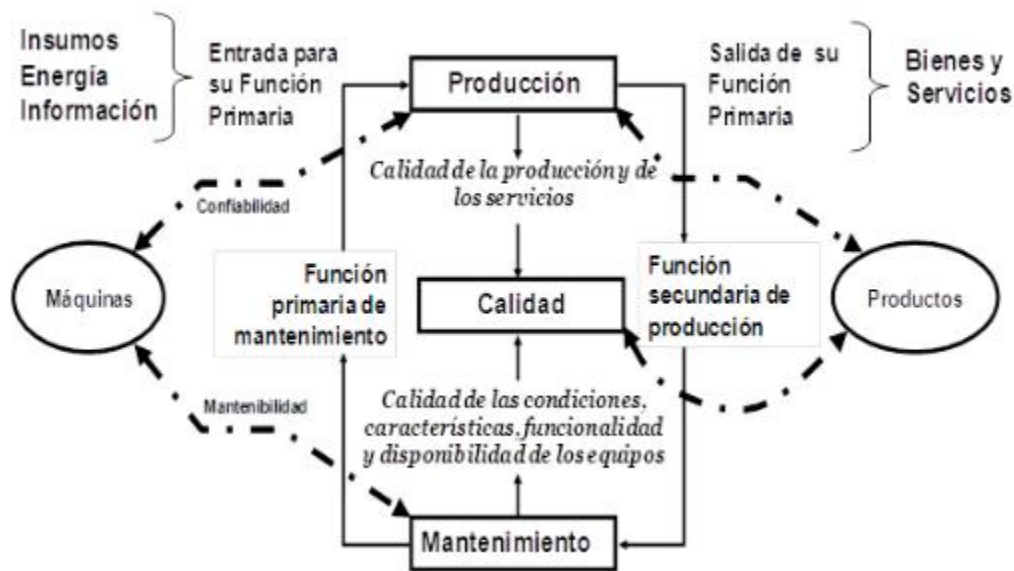
#### **3.1.MANTENIMIENTO**

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema a un estado en cual pueda realizar las funciones designadas. La importancia de un mantenimiento oportuno radica en la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad, reducir los tiempos muertos de la planta, mejorar la calidad, incrementar la productividad y entregar oportunamente los pedidos a los clientes para de esta manera incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Hoy en día el mantenimiento ocupa un lugar importante en la organización e inclusive en áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad.

Un sistema es un conjunto de componentes o elementos con diferentes funciones pero que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan a la par de las actividades del sistema de producción. En la figura 1 [3] se muestra un diagrama de relaciones entre mantenimiento, calidad y la producción.

Figura 1. Relación entre mantenimiento, calidad y producción.





Fuente: MORA, Alberto

Existen diferentes tipos de tareas de mantenimiento. La clasificación más extendida se refiere a la naturaleza de las tareas así, el mantenimiento puede distinguirse en:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento producto total
- Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)

Para este trabajo solo el mantenimiento centrado en la confiabilidad se va a definir, y se va a mencionar su fin dentro de un sistema.

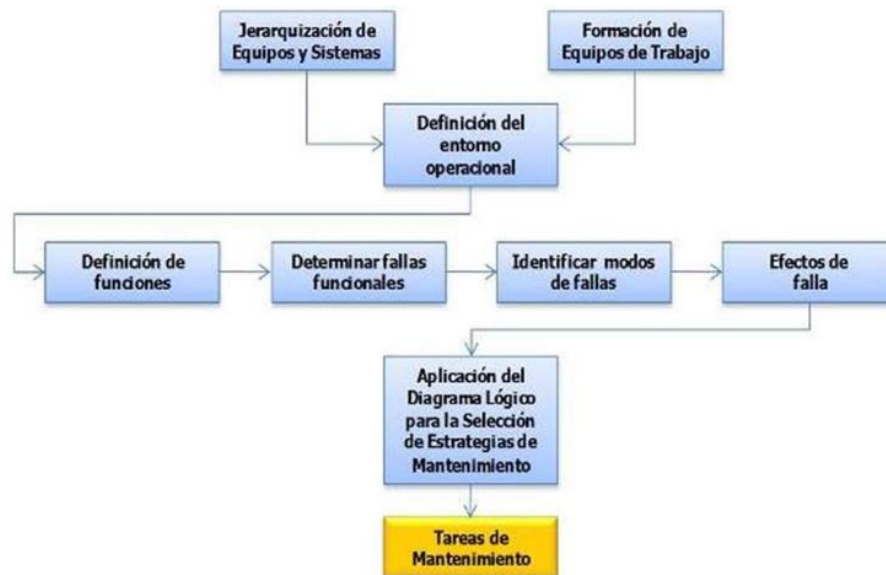
### 3.2.MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

Para definir qué es el mantenimiento centrado en confiabilidad (Reliability Centred Maintenance, RCM), primero se debe entender qué es confiabilidad desde el punto de vista de un proceso de mantenimiento. Confiabilidad es la probabilidad de que los equipos o proceso funcionen sin fallar,

siempre y cuando sean operados correctamente, por un intervalo de tiempo y bajo unas condiciones establecidas.

El RCM es un proceso analítico y sistemático basado en el entendimiento de la función de los sistemas y las fallas funcionales. El eje fundamental del proceso RCM es una metodología de análisis sistemático de los modos y efectos de falla (AMEF), que probablemente ocurrirían en un equipo específico. Al desarrollar la metodología centrada en confiabilidad se debe tener en cuenta que se debe seguir un proceso, el cual se muestra en la figura 2 [4].

Figura 2. Flujograma de mantenimiento.



Fuente: Reliability and Risk Management.

El proceso de RCM incita a responder las siguientes preguntas sobre el bien o sistema bajo revisión:

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Una de las grandes fortalezas de RCM es el modo en que ofrece un criterio simple, preciso y fácilmente entendible, para decidir cuál de las tareas proactivas (si las hubiese) es la realizable en cualquier contexto, y de ser así para decidir qué tan seguido debe realizarse y quién debe hacerlas. [5]

### **3.3.NORMA ISO IEC 17025:2005**

Esta norma internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayo o de calibración, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

El laboratorio dentro de sus políticas de calidad tiene como objetivos implementar el sistema de gestión de calidad cumpliendo con los requisitos establecidos en la Norma NTC/IEC 17025:2005 en concordancia con el sistema de integrado de gestión de Risaralda además de contar con el talento humano competente comprometido y capacitado en dicha norma.

Muchos factores determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos o calibraciones realizados por un laboratorio. Estos factores incluyen elementos provenientes de:

- los factores humanos.
- las instalaciones y condiciones ambientales.
- los métodos de ensayo y de calibración, y la validación de los métodos.
- los equipos.
- la trazabilidad de las mediciones.
- el muestreo.
- la manipulación de los ítems de ensayo y de calibración.

Para este caso solo hablaremos de los equipos. La norma dicta que el laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición y ensayo, requeridos para la correcta ejecución

de los ensayos o las calibraciones. Por consiguiente cada equipo debe permitir lograr la exactitud requerida y también debe cumplir con las especificaciones pertinentes para los ensayos o calibraciones concernientes, por tal razón se deben establecer programas de calibración para magnitudes o los valores esenciales de los instrumentos cuando dichas propiedades afecten significativamente los resultados. Cuando se habla de la administración de los equipos se debe tener en cuenta que como cada equipo debe estar unívocamente identificado, se deben establecer registros de cada componentes, procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento, el uso y el mantenimiento planificados todo esto con el fin de asegurar el funcionamiento correcto y de prevenir la contaminación o el deterioro. [6]

#### **4. METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo una metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad, es necesario cumplir con una serie de procesos, los cuales se presentarán a continuación:

El primer paso es desarrollar un análisis de criticidad que permita establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.[7]

El segundo paso es realizar un análisis de modo y efecto de fallas, técnica analítica utilizada para asegurar que en un alcance posible, los modos de fallas potenciales y sus causas o mecanismos asociados hayan sido considerados y abordados. [8]

Por último, con base en las fallas potenciales encontradas, se establecen planes de acción de tal forma que se puedan eliminar o corregir, basándose en la cadena de razonamiento propuesta por la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM). [9]

## **5. ESTUDIO DE CRITICIDAD**

### **5.1.INTRODUCCIÓN**

Para lograr implementar el análisis de criticidad, primero se debe establecer por área la cantidad real de equipos que se encuentran en el Laboratorio de Salud Pública de Risaralda. Por tal razón, fue necesaria la ayuda de la responsable del programa de metrología de dicho laboratorio, Lizeth del Pilar Londoño Ospina. Los resultados obtenidos fueron: 289 elementos, de los cuales 280 son equipos, 8 accesorios (líneas de gas) y 1 kit de pesas (juego de patrones para las balanzas). Estos 289 elementos están distribuidos en 19 áreas, cabe resaltar que en la sección 5.3. Se encontraran en las diferentes tablas, equipos resaltados con azul, el hecho de que tengan este color quiere decir que este equipo se repite en otras áreas debido a su importancia o al proceso que realiza en dichas áreas.

La implementación de un análisis de criticidad se hace con el fin de jerarquizar y determinar si vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos) hacia ciertos equipos, valiéndose de unos parámetros ya establecidos. Sin embargo, debido a la poca información que había de los equipos desde el punto de vista de fallas, y sumándole a esto el hecho de que en los equipos electrónicos su frecuencia de falla es mucho menor que la de un equipo mecánico, se concluye que el análisis de equipos que se desarrolla normalmente (análisis de criticidad semicuantitativo) no es el apropiado. Por esta razón, se determinó que la metodología más apropiada es la de desarrollar un flujograma de análisis de criticidad (cualitativo), la base de este modelo es tomada de las recomendaciones proporcionadas por el libro Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos [10]. Para lograr la clasificación, se procede de forma secuencial al realizar una serie de preguntas a la persona que tiene el conocimiento de la importancia de cada equipo en su área; para este caso son los analistas pertenecientes a cada área del laboratorio. La secuencia es establecida de acuerdo a las necesidades que presenta el laboratorio; a partir de este orden se establece el peso que tiene cada atributo o parámetro. Cada pregunta tiene tres posibles respuestas A, B o C.

El proceso de clasificación de los equipos se divide en tres ramas (ver figura 1):

- Clase 1: equipo prioritario
- Clase 2: equipo medianamente prioritario
- Clase 3: equipo no prioritario.

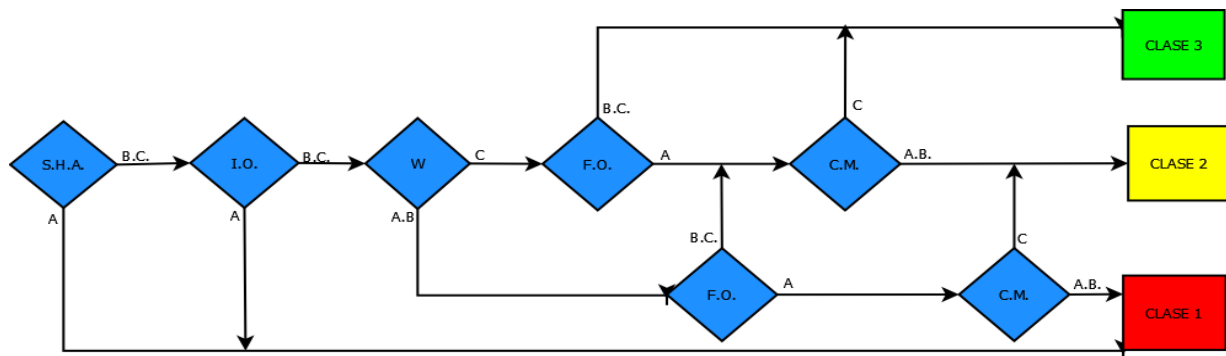
En la figura 4 se presenta el flujograma utilizado para el desarrollo del análisis de criticidad. La descripción de las abreviaciones de la figura 4 se presenta en la sección 5.2. Como era necesario subdividir los equipos en tipos de equipos, en el Anexo 1, se encontrará un archivo que contiene los tipos de equipos.

Figura 3. Colores distintivos para la clasificación de los equipos.

CLASE 1	EQUIPO PRIORITARIO
CLASE 2	EQUIPO MEDIANAMENTE PRIORITARIO
CLASE 3	EQUIPO NO PRIORITARIO

Fuente: Autor del proyecto.

Figura 4 Flujograma de análisis de criticidad.



Fuente: Autor del proyecto.

Se presentan los parámetros utilizados para el desarrollo del análisis de criticidad.

## **5.2.PARÁMETROS PARA EL DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

### **Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)**

A: Evento catastrófico pérdida de vidas, problemas de salud irreparables, problemas en el medio ambiente recuperables (largo plazo) o cierre total de operaciones.

B: Eventos que genera incapacidad o efectos de salud temporales o problemas en el medio ambiente recuperables (corto plazo).

C: No genera ningún efecto.

### **Factores de Consecuencias o Impacto Operacional (IO)**

A: Es afectada en su totalidad el análisis y la actividad misional (es imposible realizarlo).

B: Se afecta el análisis y la actividad misional (pero se puede continuar).

C: No genera ningún efecto sobre el proceso.

### **Horas de trabajo del equipo (W)**

A: El equipo está en constante uso.

B: El uso del equipo es moderado.

C: El equipo rara vez se utiliza.

### **Flexibilidad Operacional (FO)**

A: No hay equipo de respaldo.

B: Si tiene un equipo de respaldo compartido con otra área.

C: Se tiene un equipo de respaldo.

### **Impacto en Costes de Mantenimiento (CM)**

A: Alto costo de mantenimiento.

B: Costo promedio de mantenimiento.

C: Bajo costo de mantenimiento o debido a que su costo de mantenimiento en comparación con su valor en el mercado es mayor, es mejor darlo de baja.

### 5.3.CLASIFICACIÓN POR ÁREA

Como se mencionó en el capítulo 2, laboratorio se divide en dos áreas: atención a personas y atención al ambiente. En cada una de estas hay otras sub áreas las cuales cumplen funciones diferentes, pero tiene un objetivo en común que es préstale un servicio a la comunidad. A continuación se darán a conocer las sub áreas con una pequeña descripción y los equipos que la componen.

**Sub área de microbiología de alimentos:** el área de microbiología (Atención al Ambiente) es un lugar habilitado para realizar las pruebas analíticas requeridas en el proceso de análisis microbiológico de los alimentos, con base en los programas de inspección, vigilancia y control de las necesidades de las direcciones misionales del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda. Esta área cuenta con 47 equipos de los cuales 32 equipos son clase 1 (equipos críticos), 10 equipos son clase 2 (equipos medianamente críticos) y por último 4 equipos son clase 3 (equipo no prioritario). En cuanto al inventario, 11 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA. Es necesario aclarar que 19 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas, estos se encuentran color azul en la tabla 1.



Tabla 1. Área de microbiología de alimentos.

Microbiología de Alimentos								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	79901	Termo Higrómetro 19	C	B	A	A	C	Clase 2
2	72170	Pipeta 5	B	A				Clase 1
3	63555	Pipeta 11	B	A				Clase 1
4	67592	Pipeta 12	B	A				Clase 1
5	63554	Pipeta 13	B	A				Clase 1
6	63556	Pipeta 14	B	A				Clase 1
7	63551	Pipeta 15	B	A				Clase 1
8	63558	Pipeta 16	B	A				Clase 1
9	64031	Pipeta 17	B	A				Clase 1
10	66792	Pipeta 19	B	A				Clase 1
11	72168	Pipeta 20	B	A				Clase 1
12	No informa	Vortex 2	C	B	B	A	B	Clase 1
13	64288	Cabina 4	A					Clase 1
14	64093	Gds 1	B	A				Clase 1
15	72162	Baño Serológico 2	C	A				Clase 1
16	82001	Deshumidificador 3	C	B	A	A	B	Clase 1
17	No informa	Term Baño 2	C	B	C	C		Clase 3
18	No informa	Stomacher 1	C	A				Clase 1
19	66791	Balanza 1	C	A				Clase 1
20	No informa	Aire Acondicionado 3	C	B	A	A	B	Clase 1
21	No informa	Incubadora 1	B	A				Clase 1
22	63531	Incubadora 2	B	A				Clase 1
23	59881	Incubadora 4	B	A				Clase 1
24	79608	Incubadora 11	B	A				Clase 1
25	72648	Cuenta Colonias 1	C	B	A	A	B	Clase 1
26	79905	Termo Higrómetro 21	C	B	A	A	C	Clase 2
27	72162	Microscopio 1	C	B	C	A	B	Clase 1
28	63539	Cabina Uv 1	B	B	A	C	B	Clase 2
29	79610	Autoclave 4	B	A				Clase 1
30	72168	Incubadora 5	C	B	A	B	B	Clase 2
31	79618	Dispensador 7	C	C	B	C	B	Clase 2
32	79621	Dispensador 9	C	C	B	C	B	Clase 2
33	79620	Dispensador 10	C	C	B	C	B	Clase 2
34	No informa	Termómetro Con Sonda 2, Incubadora 5	C	C	B	C	C	Clase 3
35	59747	Nevera 5	B	B	A	A	B	Clase 1
36	51951	Autoclave 1	B	B	A	B	B	Clase 2
37	59777	Ultracongelador 1	B	B	A	A	A	Clase 1
38	81882	Nevera 25	B	B	A	A	B	Clase 1
39	No informa	Termómetro Nevera 27	C	B	A	C	C	Clase 3
40	No informa	Termómetro Nevera 31	C	B	A	C	C	Clase 3
41	71674	Nevera 6	B	A				Clase 1
42	59757	Nevera 17	B	B	A	A	B	Clase 1
44	68113	Destilador 1	C	B	A	A	A	Clase 1
45	No informa	Termómetro Infrarrojo 1	B	B	A	C	B	Clase 2
46	No informa	Termo Higrómetro 2	C	B	A	A	C	Clase 2
47	No informa	Aire Acondicionado 1	C	B	A	A	B	Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área de microbiología de aguas:** el área de microbiología de aguas (Atención al Ambiente) es el lugar en donde se llevan a cabo los procedimientos que se efectúan a las muestras de aguas para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo o cantidad de microorganismos. Esta área cuenta con 33 equipos de los cuales 23 equipos son clase 1 (equipos críticos), 6 equipos son clase 2 (equipos medianamente críticos) y por ultimo 4 equipos son clase 3 (equipo no prioritario). En cuanto al inventario, 11 equipos no se encuentran inventariados (codificados), estos aparecen como NO INFORMA. Es necesario aclarar que 20 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas, estos se encuentran en color azul en la tabla 2.

Tabla 2. Área de microbiología de aguas.

Ítems	Código	Equipo	Microbiología de Aguas					Clase
			S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	
1	79904	Termo Higrómetro 20	C	B	A	A	B	Clase 1
2	63549	Pipeta 7	B	A				Clase 1
3	63557	Pipeta 8	B	A				Clase 1
4	67591	Pipeta 9	B	A				Clase 1
5	63553	Pipeta 10	B	A				Clase 1
6	50983	Vortex 1	C	C	C	A	B	Clase 1
7	79935	Cabina 9	B	A				Clase 1
8	No informa	Cabina Uv 2	C	C	C	C		Clase 3
9	51351	Autoclave 1	B	A				Clase 1
10	79610	Autoclave 5	B	B	A	B	B	Clase 1
11	79617	Quanti Tray 1	B	A				Clase 1
12	No informa	Aire Acondicionado 4	C	B	A	A	B	Clase 1
13	No informa	Bomba 1	C	C	C	A	B	Clase 1
14	No informa	Filtración Membrana	C	C	C	A	B	Clase 1
15	72151	Incubadora 3	B	A				Clase 1
16	72160	Baño Serológico 1	C	B	A	A	B	Clase 1
17	No informa	Term Baño 1	C	C	A	C	C	Clase 3
18	72648	Cuenta Colonias 1	C	B	A	A	B	Clase 1
19	72152	Microscopio 1	C	B	C	A	B	Clase 1
20	63539	Cabina Uv 1	B	B	A	C	B	Clase 2
21	72158	Incubadora 5	B	A				Clase 1
22	No informa	Termómetro Con Sonda 1, Incubadora 3	C	B	A	C	C	Clase 3
23	No informa	Termómetro Incubadora 2	C	C	B	C	C	Clase 3
24	79618	Dispensadores 7	C	C	B	C	B	Clase 2
25	79621	Dispensadores 9	C	C	B	C	B	Clase 2
26	79620	Dispensadores 10	C	C	B	C	B	Clase 2
27	59747	Nevera 5	B	B	A	A	B	Clase 1
28	59759	Nevera 4	B	B	A	A	B	Clase 1
29	79905	Termo Higrómetro 21	C	B	A	A	C	Clase 2
30	No informa	Termo Higrómetro 2	C	B	A	A	C	Clase 2
31	No informa	Termómetro Infrarrojo 1	B	A				Clase 1
32	No informa	Aire Acondicionado 5	B	B	A	A	B	Clase 1
33	No informa	Aire Acondicionado 1	B	B	A	A	B	Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área cromatografía e instrumental:** el área de cromatografía e instrumental (Atención al Ambiente) está habilitada para la realización de técnicas analíticas en donde se separan, cuantifican e identifican compuestos químicos o biológicos, estos para el caso del cromatógrafo de gases. Para el equipo de absorción atómica se realiza el mismo procedimientos pero en metales en específicos. Esta área cuenta con 38 elementos de los cuales 29 son equipos, 8 son accesorios (líneas de gas) y uno es un kit de pesas (juego de patrones para las balanzas). De esos 29 equipos, 25 son clase 1, 4 equipos son clase 2 y por último ninguno es clase 3. En cuanto al inventario, los 8 accesorios (líneas de gas), el kit de pesas y 13 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA. Es necesario aclarar que 12 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas; estos se encuentran en color azul en la tabla 3.

Tabla 3 Área de cromatografía e instrumentación.

Cromatografía e Instrumental								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	64239	Cromatógrafo 1	A					Clase 1
2	No informa	Línea Gas 1 (Helio)	B	A				Clase 1
3	No informa	Línea Gas 2 (Acetileno)	B	A				Clase 1
4	No informa	Línea Gas 3 (Oxido Nitroso)	B	A				Clase 1
5	No informa	Línea Gas 4 (Argón)	B	A				Clase 1
6	No informa	Línea Gas 5 (Aire)	B	A				Clase 1
7	No informa	Línea Gas 6 (Nitrogeno)	B	A				Clase 1
8	No informa	Línea Gas 7 (Oxígeno-Dm80)	B	A				Clase 1
9	No informa	Línea Gas 8 (Oxígeno-Toc)	B	A				Clase 1
10	63546	Pipeta 3	B	A				Clase 1
11	63547	Pipeta 4	B	A				Clase 1
12	No informa	Compresor 1	B	A				Clase 1
13	64333,64332,64064	Rotavapor 1	B	B	C	A	A	Clase 2
14	No informa	Termo Higrómetro 4	C	B	B	A	A	Clase 1
15	No informa	Termo Higrómetro 17	C	A				Clase 1
16	No informa	Absorción Atómica 1	B	A				Clase 1
17	64066	Horno Grafito 1	B	A				Clase 1
18	51369	Generador Hidruros 1	B	A				Clase 1
19	64803	Dma 80 - 1	B	A				Clase 1
20	No informa	Extracción 1	B	A				Clase 1
21	No informa	Extracción 2	B	B	C	A	B	Clase 2
22	No informa	Grapa 1	C	C	C	A	B	Clase 2
23	No informa	Grapa2	C	C	C	A	B	Clase 2
24	Ojo	Milli-Q 1	C	A				Clase 1
25	68113	Destilador 1	C	B	A	A	B	Clase 1
26	64290	Washer 1	C	C	A	A	B	Clase 1
27	68203	Balanza 2	C	A				Clase 1
28	No informa	Kit De Pesas 1	C	A				Clase 1
29	No informa	Aire Acondionado 9	C	B	A	A	B	Clase 1
30	79925	Deshumidificaor 2	C	C	B	A	B	Clase 1
31	79903	Termo Higrómetro 23	C	B	A	A	B	Clase 1
32	No informa	Horno De Mufla	B	A				Clase 1
33	63543	Cabina 1	B	A				Clase 1
34	No informa	Cabina 2	C	B	B	A	B	Clase 1
35	No informa	Bascula 1	C	C	B	A	B	Clase 1
36	59759	Nevera 4	B	B	A	A	B	Clase 1
37	59757	Nevera 17	B	B	A	A	B	Clase 1
38	No informa	Termo Infrarrojo 1	B	A				Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área incubación:** el área de incubación (Atención al ambiente) está habilitada para mantenerse dependiendo de los requerimientos de temperatura, humedad e iluminación de la muestra a analizar. Esta área cuenta con 17 equipos, de los cuales 9 son clase 1, 4 son clase 2 y 4 son clase 3. En cuanto al inventario 6 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA. Es necesario aclarar que todos los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas; estos se encuentran en color azul en la tabla 4.

Tabla 4. Área de incubación.

Incubación								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	79905	Termo Higrómetro 21	C	B	A	A	C	Clase 2
2	72160	Baño Serológico 1	C	B	A	A	B	Clase 1
3	No informa	Term Baño 1	C	C	A	C	C	Clase 3
4	No informa	Incubadora 1	B	A				Clase 1
5	63531	Incubadora 2	B	A				Clase 1
6	72151	Incubadora 3	B	A				Clase 1
7	59881	Incubadora 4	B	A				Clase 1
8	72158	Incubadora 5	B	A				Clase 1
9	79608	Incubadora 11	B	A				Clase 1
10	63539	Cabina Uv 1	B	B	A	C	B	Clase 2
11	No informa	Cabina Uv 2	C	C	C	C		Clase 3
12	72648	Cuenta Colonias 1	C	B	A	A	B	Clase 1
13	No informa	Termómetro Con Sonda 1, Incubadora 3	C	B	A	C	C	Clase 3
14	No informa	Termómetro Con Sonda 2, Incubadora 5	C	B	C	C		Clase 3
15	72152	Microscopio 1	C	B	C	A	B	Clase 2
16	63536	Bactoincinerador 1	C	B	B	A	C	Clase 2
17	No informa	Aire Acondicionado 5	B	B	A	A	B	Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área fisicoquímicos de alimentos:** el área de fisicoquímicos de alimentos (Atención al Ambiente) está habilitada para realizar análisis físico-químicos de muestras de alimentos y bebidas alcohólicas aplicando los criterios de calidad para garantizar la confiabilidad de los resultados de los ensayos. Estos constituyen el soporte técnico de las acciones de control y vigilancia en aspectos higiene alimentaria. Esta área cuenta con 34 elementos, de los cuales 33 son equipos y el otro es un kit de pesas (juego de patrones para las balanzas). De esos 33 equipos, 26 son clase 1, 7 son

clase 2 y ninguno es clase 3. En cuanto al inventario el kit de pesas pertenece al área de cromatografía e instrumental y 8 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA y 3 equipos tienen problemas, ya sea que se repiten con otro equipo o que no concuerda el número en el inventario con el de la hoja de vida del equipo; estos aparecen como OJO. Es necesario aclarar que 9 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas, estos se encuentran en color azul en la tabla 5.

Tabla 5. Área de fisicoquímicos de alimentos.

Fisicoquímicos de Alimentos								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	Ojo	Centrífuga 1	B	A				Clase 1
2	No informa	Crioscopio 1	B	A				Clase 1
3	No informa	Triple Brazo 2	C	B	B	C	B	Clase 2
4	Ojo	Pipeta 2	B	A				Clase 1
5	79922	Bureta 6	B	B	B	C	B	Clase 2
6	72662	Bureta 7	B	B	B	C	B	Clase 2
7	59888	Baño Serológico 3	B	A				Clase 1
8	72734	Dispensador 1	B	A				Clase 1
9	No informa	Aire Acondicionado 8	C	B	A	A	B	Clase 1
10	79616	Gabinete 2	C	C	A	A	B	Clase 1
11	72680	Gabinete3	C	C	A	A	B	Clase 1
12	64246	Planch 5	B	B	B	B	B	Clase 2
13	64802	Disgestor Nitrógeno 1	B	A				Clase 1
14	68116	Scrubber 1	B	A				Clase 1
15	64062	Destilador Vapor 1	B	A				Clase 1
16	No informa	Extracción 3	B	A				Clase 1
17	No informa	Horno Mufla 1	B	A				Clase 1
18	64065	Criotermostato 1	B	A				Clase 1
19	66783	Refractómetro 1	B	A				Clase 1
20	79911	Horno Convección	B	A				Clase 1
21	No informa	Baño Ultrasónico	B	B	B	A	B	Clase 1
22	51357	Fluorómetro 1	B	A				Clase 1
23	Ojo	Milli Q1	B	A				Clase 1
24	68113	Desltilador 1	B	A				Clase 1
25	64290	Washer 1	B	C	A	A	B	Clase 1
26	63543	Cabina 1	B	A				Clase 1
27	79920	Ph-Metro 1	B	A				Clase 1
28	68117	Ionómetro 1	B	A				Clase 1
29	No informa	Espectro Fotómetro 1	B	A				Clase 1
30	68203	Balanza 2	B	B	B	C	B	Clase 2
31	59892	Balanza 3	B	B	B	C	B	Clase 2
32	66782	Balanza 5	B	A				Clase 1
33	No informa	Kit De Pesas	C	A				Clase 1
34	66785	Termo Higrómetro 5	C	B	B	A	C	Clase 2

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área fisicoquímicos de aguas:** el área de fisicoquímicos de aguas (Atención al Ambiente) está habilitada para realizar análisis físico-químicos utilizando técnicas volumétricas, gravimétricas, electrométricas, nefelométricas y espectrofotométricas todos estos para determinar la calidad del agua potable. Esta área cuenta con 32 elementos, de los cuales 31 son equipos y el otro es un kit de pesas (juego de patrones para las balanzas). De esos 31 equipos, 23 son clase 1, 8 son clase 2 y ninguno equipo es clase 3. En cuanto al inventario, el kit de pesas pertenece al área de cromatografía e instrumental, y 6 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA y 1 equipo tienen problemas, ya sea que se repite con otro equipo o que no concuerda el número en el inventario con el de la hoja de vida del equipo; este aparece como OJO. Es necesario aclarar que 12 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas, estos se encuentran en color azul en la tabla 6.

Tabla 6 Área de fisicoquímicos de aguas.

Fisicoquímicos de Agua								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	No informa	Espectrofotómetro 1	B	A				Clase 1
2	64244	Turbidímetro 1	B	A				Clase 1
3	79923	Dispensador 4	B	B	B	A	B	Clase 1
4	No informa	Dispensador 6	B	B	B	A	B	Clase 1
5	79921	Vortex 3	C	B	B	A	B	Clase 1
6	79917	Deshumidificador 1	C	B	B	A	B	Clase 1
7	51354	Plancha 2	B	B	B	B	B	Clase 2
8	69872	Plancha 3	B	B	B	B	B	Clase 2
9	66781	Plancha 4	B	B	B	B	B	Clase 2
10	OJO	Pipeta 1	B	A				Clase 1
11	79920	Ph-Metro 1	B	A				Clase 1
12	67593	Colorímetro 1	B	A				Clase 1
13	79926	Conductímetro 1	B	A				Clase 1
14	66785	Termo Higrómetro 5	C	B	B	A	C	Clase 2
15	79935	Gabinete 1	C	C	A	A	B	Clase 1
16	68115	Toc 1	B	A				Clase 1
17	68117	Ionómetro 1	B	A				Clase 1
18	No informa	Aire Acondicionado 7	B	B	A	A	B	Clase 1
19	72663	Bureta 8	B	B	A	C	B	Clase 2
20	81982	Bureta 9	B	B	A	C	B	Clase 2
21	OJO	Milli Q1	B	A				Clase 1
22	68113	Destilador 1	B	A				Clase 1
23	64290	Washer 1	B	B	A	A	B	Clase 1
24	63543	Cabina 1	B	A				Clase 1
25	No informa	Cabina 2	B	B	B	B	B	Clase 2
26	64242	Ph-Metro 2	B	C	B	A	B	Clase 1
27	79927	Bomba 2	C	C	B	B	A	Clase 2
28	No informa	Bascula 1	C	C	C	A	B	Clase 1
29	66791	Balanza 1	B	A				Clase 1
30	68203	Balanza 2	B	A				Clase 1
31	No informa	Kit De Pesas 1	B	A				Clase 1
32	64065	Criotermostato 1	B	B	B	A	B	Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área micro-tuberculosis:** el área de micro-tuberculosis (Atención a las Personas) está habilitada para la realización de técnicas que permitan determinar e identificar infecciones por Mycobacterium tuberculosis. Esta área cuenta con 33 equipos, de los cuales 27 son clase 1, 5 son clase 2 y 1 equipo es clase 3. En cuanto al inventario, 7 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA y 1 equipo tiene problemas, ya sea que se repite con otro equipo o que no concuerda el número en el inventario con el de la hoja de vida del equipo,



este aparece como OJO. Es necesario aclarar que 15 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas; estos se encuentran en color azul en la tabla 7.

Tabla 7 Área de micro-tuberculosis.

Micro-Tuberculosis								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	63535	Microscopio 5	B	A				Clase 1
2	82788	Microscopio 6	B	A				Clase 1
3	82789	Microscopio 7	B	A				Clase 1
4	64030	Incubadora 7	B	A				Clase 1
5	72675	Incubadora 8	B	A				Clase 1
6	No informa	Termohigrómetro 14	C	C	A	A	C	Clase 2
7	OJO	Cabina 8	B	A				Clase 1
8	63548	Pipeta 37	B	B	B	A	B	Clase 1
9	72174	Pipeta 44	B	B	B	A	B	Clase 1
10	61204	Vortex 4	C	B	B	A	B	Clase 1
11	No informa	Cabina Uv 3	B	B	B	A	B	Clase 1
12	63537	Bactoincinerador 2	B	A				Clase 1
13	64240	Bactoincinerador 3	B	A				Clase 1
14	51358	Timer Crono 1	C	B	B	A	B	Clase 1
15	64234	Balanza 4	B	A				Clase 1
16	No informa	Autoclave 2	B	B	B	B	B	Clase 2
17	64289	Horno Coagulador 1	B	B	C	B		Clase 3
19	64245	Plancha 6	B	C	B	A	B	Clase 1
21	72677	Dispensador 17	B	B	B	A	B	Clase 1
22	51352	Autoclave 3	B	B	A	B	B	Clase 2
23	No informa	Bascula 2	C	B	B	B	B	Clase 2
24	79912	Autoclave 6	B	A				Clase 1
25	59754	Nevera 7	B	B	A	A	B	Clase 1
26	59762	Nevera 11	B	B	A	A	B	Clase 1
27	No informa	Termo Infrarrojo 2	B	A				Clase 1
28	No informa	Bascula 3	C	B	B	A	B	Clase 1
29	No informa	Termohigrómetro 13	C	B	A	A	C	Clase 2
30	72658	Ultracongelador 2	B	A				Clase 1
31	79609	Nevera 20	B	A				Clase 1
32	72676	Nevera 22	B	A				Clase 1
33	67588	Congelador 1	B	A				Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área especiales:** el área de especiales (Atención a las Personas) cuenta con 21 equipos, de los cuales 15 son clase 1, 6 son clase 2 y ninguno es clase 3. En cuanto al inventario, 6 equipos no

se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA y 1 equipo tiene problemas, ya sea que se repite con otro equipo o que no concuerda el número en el inventario con el de la hoja de vida del equipo; este aparece como OJO. Es necesario aclarar que 7 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas; estos se encuentran en color azul en la tabla 8.

Tabla 8. Área de especiales.

Especiales								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	62135	Pipeta 32	B	A				Clase 1
2	72173	Pipeta 33	B	A				Clase 1
3	72668	Pipeta 34	B	A				Clase 1
4	72667	Pipeta 35	B	A				Clase 1
5	Ojo	Pipeta 36	B	A				Clase 1
6	59874	Vortex 5	C	B	B	B	B	Clase 2
7	61590	Centrífuga 3	B	A				Clase 1
8	59530	Centrífuga 4	B	A				Clase 1
9	No informa	Microscopio 8	B	A				Clase 1
10	72163	Microscopio 9	B	A				Clase 1
11	81984	Cabina 11	B	A				Clase 1
12	50981	Incubadora 10	B	A				Clase 1
13	No informa	Termohigrómetro 15	C	B	A	A	C	Clase 2
14	No informa	Agitador 1	B	A				Clase 1
15	79912	Autoclave 6	B	A				Clase 1
16	No informa	Bascula 2	C	C	B	B	B	Clase 2
17	59754	Nevera 7	B	B	A	A	B	Clase 2
18	59762	Nevera 11	B	B	A	A	B	Clase 2
19	No informa	Termo Infrarrojo 2		A				Clase 1
20	No informa	Termohigrómetro 13	C	C	A	A	C	Clase 2
21	79913	Nevera 23	B	A				Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área inmuno-virología:** el área de inmuno-virología (Atención a las Personas) habilitada para la oportuna detección de las partículas virales en las muestras, cuenta con 33 equipos, de los cuales 29 son clase 1, 4 son clase 2 y ninguno es clase 3. En cuanto al inventario, 9 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA y 5 equipos tienen problemas, ya sea que se repiten con otro equipo o que no concuerda el número en el inventario

con el de la hoja de vida del equipo; estos aparecen como OJO. Es necesario aclarar que 9 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas; estos se encuentran en color azul en la tabla 9.

Tabla 9. Área de inmuno-virología.

Ítems	Código	Equipo	Inmuno-Virologías				C.M.	Clase
			S.H.A.	I.O.	W	F.O.		
1	No informa	Architect 1	A	A				Clase 1
2	71169	Pipeta 21	B	A				Clase 1
3	OJO	Pipeta 22	B	A				Clase 1
4	72172	Pipeta 23	B	A				Clase 1
5	OJO	Pipeta 24	B	A				Clase 1
6	OJO	Pipeta 25	B	A				Clase 1
7	OJO	Pipeta 26	B	A				Clase 1
8	65546	Pipeta 29	B	A				Clase 1
9	62134	Pipeta 30	B	A				Clase 1
10	No informa	Pipeta 31	B	A				Clase 1
11	OJO	Pipeta 47	B	A				Clase 1
12	72169	Pipeta 48	B	A				Clase 1
13	79611	Pipeta 49	B	A				Clase 1
14	72671	Pipeta 50	B	A				Clase 1
15	72670	Pipeta 51	B	A				Clase 1
16	No informa	Termo Higrómetro 12	C	B	A	A	C	Clase 2
17	63538	Vortex 6	C	B	B	B	B	Clase 2
18	79934	Cabina 10	B	A				Clase 1
19	No informa	Incubadora 6	B	A				Clase 1
20	63563	Timer Banderas 2	C	B	B	A	B	Clase 1
21	50533	Dispensador 18	B	B	B	A	B	Clase 1
22	59877	Agitador 2	B	B	B	A	B	Clase 1
23	No informa	Lector Platos 2	B	A				Clase 1
24	No informa	Lavador Platos 2	B	A				Clase 1
25	71673	Nevera 13	B	A				Clase 1
26	79914	Congelador 2	B	A				Clase 1
27	72658	Ultracongelado 2	B	A				Clase 1
28	59754	Nevera 7	B	B	A	A	B	Clase 1
29	59762	Nevera 11	B	B	A	A	B	Clase 1
30	No informa	Termohigrómetro 13	C	B	A	A	C	Clase 2
31	No informa	Bascula 2	C	C	B	B	B	Clase 2
32	79912	Autoclave 6	B	A				Clase 1
33	No informa	Incubadora 9	B	B	A	A	B	Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área varios:** el área de varios (Atención a Personas) compuesto por cantidades pequeñas de sub áreas, cada sub área tiene una función específica que cumple un papel importante en el desempeño del área de atención a personas. Esta sección tiene un total de 35 equipos, de los cuales 24 son clase 1, 5 son clase 2 y 6 son clase 3. En cuanto al inventario, 9 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA y 1 equipo tiene problemas, ya sea que se repite con otro equipo o que no concuerda el número en el inventario con el de la hoja de vida del equipo; este aparece como OJO. Es necesario aclarar que 17 de los equipos pertenecientes a esta área se repiten en otras áreas; estos se encuentran en color azul en la tabla 10.

Tabla 10. Varios.

Área	Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
Entomología	1	68200	Estereoscopio 1	B	A				Clase 1
	2	OJO	Microscopio 2	B	A				Clase 1
	3	63530	Microscopio 3	B	A				Clase 1
Recepción	1	No informa	Termohigrómetro 13	C	B	A	A	C	Clase 2
	2	59754	Nevera 7	B	B	A	A	B	Clase 1
	3	59762	Nevera 11	B	B	A	A	B	Clase 1
	4	No informa	Termómetro Infrarrojo 3	B	A				Clase 1
	5	59886	Centrífuga 2	B	A				Clase 1
	6	NO INFORMA	Termómetro 15 Con Sonda Nevera 11	C	B	A	C	C	Clase 3
	7	No informa	Termómetro 22 Con Sonda Nevera 7	C	B	A	C	C	Clase 3
Medios de Cultivo	1	No informa	Autoclave 2	B	B	B	B	B	Clase 2
	2	64234	Balanza 4	B	A				Clase 1
	3	64245	Plancha 6	B	C	B	A	B	Clase 1
	4	72677	Dispensador 17	B	B	B	A	B	Clase 1
	5	63552	Pipeta 38	B	A				Clase 1
	6	No informa	Incubadora 9	B	B	A	A	B	Clase 1
Neveras 1er. Piso	1	72658	Ultracongelador 2	B	A				Clase 1
	2	79914	Congelador 2	B	A				Clase 1
	3	71673	Nevera 13	B	A				Clase 1
Residuos Biológicos	1	51352	Autoclave 3	B	B	A	B	B	Clase 2
Neveras 2do. Piso	1	79609	Nevera 20	B	A				Clase 1
	2	72676	Nevera 22	B	A				Clase 1
	3	79913	Nevera 23	B	A				Clase 1
	4	67588	Congelador 1	B	A				Clase 1
	5	No informa	Termómetro Con Sonda En Congelador 1	C	B	A	C	C	Clase 3
	6	79932	Termómetro 24 Con Sonda Nevera 20	C	B	A	C	C	Clase 3
	7	79931	Termómetro 25 Con Sonda Nevera 22	C	B	A	C	C	Clase 3
	8	79930	Termómetro 26 Con Sonda Nevera 23	C	B	A	C	C	Clase 3
Área Sucia 2do. Piso	1	79912	Autoclave 6	B	A				Clase 1
	2	No informa	Horno 1	B	B	C	A	B	Clase 2
	3	59887	Baño Serológico 4	B	B	C	B	B	Clase 2
Patología	1	No informa	Microscopio 4	B	A				Clase 1
Parasitología	1	72674	Microscopio 10	B	A				Clase 1
	2	64241	Microscopio 11	B	A				Clase 1
	3	63529	Cabina 7	B	A				Clase 1

Fuente: Autor del proyecto.

**Sub área biológicos:** el área de biológicos (Atención a Personas) es un lugar habilitado para el almacenamiento de vacunas. Esta área cuenta con un total de 22 equipos, de los cuales 22 son

clase 1, ninguno es clase 2 y ninguno es clase 3. En cuanto al inventario, 12 equipos no se encuentran inventariados (codificados); estos aparecen como NO INFORMA en la tabla 11.

Tabla 11. Área de biológicos.

Biológicos								
Ítems	Código	Equipo	S.H.A.	I.O.	W	F.O.	C.M.	Clase
1	63562	Nevera 1	A	A				Clase 1
2	72448	Nevera 2	B	A				Clase 1
3	63561	Nevera 3	B	A				Clase 1
4	64515	Nevera 4	B	A				Clase 1
5	72445	Nevera 5	B	A				Clase 1
6	72443	Nevera 6	B	A				Clase 1
7	58577	Nevera 7	B	A				Clase 1
8	No informa	Nevera 8	B	A				Clase 1
9	No informa	Nevera 9	B	A				Clase 1
10	72442	Nevera 10	B	A				Clase 1
11	64516	Nevera 11	B	A				Clase 1
12	No informa	Nevera 12	B	A				Clase 1
13	59775	Nevera 13	B	A				Clase 1
14	No informa	Cuarto Frio	B	A				Clase 1
15	No informa	Termómetro Nevera 1	B	A				Clase 1
16	No informa	Termómetro Nevera 2	B	A				Clase 1
17	No informa	Termómetro Nevera 3	B	A				Clase 1
18	No informa	Termómetro Nevera 4	B	A				Clase 1
19	No informa	Termómetro Nevera 5	B	A				Clase 1
20	No informa	Termómetro Nevera 6	B	A				Clase 1
21	No informa	Termómetro Nevera 7	B	A				Clase 1
22	No informa	Termómetro Nevera 8	B	A				Clase 1

Fuente: Autor del Proyecto.

## **6. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)**

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

El análisis de modos y efectos de falla, realizado a los equipos críticos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda, tuvo como fin el identificar las posibles fallas durante la operación, aumentar la disponibilidad y capacidad de mantenimiento externo, garantizar un plan de mantenimiento preventivo adecuado para reducir la probabilidad de falla, mejorar la confiabilidad y la toma de decisiones, reducir los riesgos y mejorar los procesos y la solución de problemas. Se trata de una acción “antes del evento” y no un ejercicio “después del hecho”. El AMEF reduce o elimina la necesidad de correcciones que pudieran crear problemas aún mayores.

Durante la realización de los AMEF, se evidenció que dos tipos de equipos eran similares, por lo que se tomó la decisión de dejar solo un AMEF para dicho par; este es el caso de las neveras y los ultra congeladores, ya que sus componentes son similares, como también el objetivo que debían cumplir, el cual es almacenar muestras a cierta temperatura. La plantilla utilizada se muestra en la tabla 12; esta contiene los elementos explicados anteriormente, agregándole a esto las acciones correctivas, las cuales dependiendo de la falla se proponen con el propósito de mejorar la confiabilidad. Algunas de estas acciones correctivas tienen sus respectivos instructivos, que tienen la función de apoyar y guiar al analista a la hora realizar el ajuste o corrección de la falla. Estos instructivos se pueden divisar en el Anexo 3.

Es necesario aclarar que debido a la gran cantidad de AMEF que se realizaron y para no hacer tan extenso este documento, estos se ubicaron en el Anexo 2. En la tabla 13 se muestra un ejemplo de un análisis de modos y efectos de falla y algunos términos importantes, necesarios para realizar un adecuado análisis.

### **6.2. TIPOS DE AMEF**

Existen dos tipos de AMEF. (a) El AMEF de diseño es utilizado para analizar los componentes de diseños y se enfoca hacia los modos de falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño. (b) El AMEF de proceso se usa para analizar los procesos de manufactura y ensamble. Se enfoca en la incapacidad para producir el requerimiento que pretende.

### **6.3.DEFINICIÓN DEL SISTEMA**

Para esta etapa es fundamental identificar el equipo o proceso que se va analizar; también se debe tener en cuenta qué tan beneficioso es realizar análisis al sistema identificado. Solo se realizará el análisis a los tipos de equipos de clase 1 o prioritarios. En el AMEF de diseño se incluyen las partes del sistema o equipo en las cuales se pueden subdividir y las funciones que realiza cada una de ellas.

### **6.4.IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DEL SISTEMA**

Para esta parte del proceso se debe identificar y describir la función principal del componente o elemento analizado; es decir, la razón de su importancia, las funciones secundarias o de apoyo logístico, que son las que ayudan al equipo/proceso a realizar la función primaria de acuerdo a estándares de funcionamiento establecido por el fabricante.

### **6.5.FALLA FUNCIONAL**

Una falla funcional se representa como la forma en que un producto o proceso se puede ver afectado en el cumplimiento de las funciones u objetivos, afectando de esta manera al cliente, al colaborador o al proceso.



## **6.6.CAUSA DE FALLA**

Son las posibles fallas potenciales, las cuales se identifican a partir de la información histórica y registrada de fallas ocurridas a lo largo de la utilización del activo, de manuales y de las experiencias vividas de los analistas a la hora de utilizar los activos en el desarrollo de los procesos y actividades exigidas por el laboratorio.

## **6.7.EFECTO DE FALLA**

El efecto de falla se puede considerar como el impacto que tiene la falla funcional en el proceso o en el cliente. A manera de ejemplo, se tiene un turbidímetro, instrumento nefelométrico que mide la turbidez causada por partículas suspendidas en un líquido. Haciendo pasar un rayo de luz a través de la muestra, se mide la luz reflejada por las partículas en un ángulo de 90° con respecto al rayo incidente. Este tiene varios componentes esenciales para su funcionamiento, pero para este caso nos vamos a centrar en el sistema óptico, el cual está compuesto por una lámpara que proyecta una luz que pasa a través de la muestra y que a partir de un detector ubicado a 90 grados mide la luz reflejada por las partículas. Cuando en este sistema se presenta una falla funcional, esta se divisará en la pantalla como ERR03. Esta falla puede ser causada por dos aspectos, uno de ellos es la poca luz por obstrucción de algún objeto o porque la lámpara esta averiada. El efecto que tienen estas fallas en el proceso se interpreta como la falta de credibilidad en el proceso y la parada del proceso. Como podemos ver, el impacto se ve representado en el impedimento de continuar analizando muestras de agua.

Tabla 12. Plantilla AMEF.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA			ÁREA DE UBICACIÓN LAB.:		
LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA DE RISARALDA		RESPONSABLE:			
TIPO DE EQUIPO:		FECHA:			ACCIÓN CORRECTIVA
HOJA:	1 DE 1				
SISTEMA/COMPONENTE	DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	CAUSA DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	

Fuente: Autor del proyecto.

Tabla 13. AMEF para un turbidímetro del laboratorio de salud pública de Risaralda.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA			ÁREA DE UBICACIÓN LAB.:	FISICOQUÍMICO DE AGUAS	
LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA DE RISARALDA		RESPONSABLE: JULIAN DAVID ORTIZ UMAÑA 1088325749			
TIPO DE EQUIPO:	TURBIDÍMETRO	FECHA: 10/11/2017			
HOJA:	1 DE 1				
SISTEMA/COMPONENTE	DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	CAUSA DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	ACCIÓN CORRECTIVA
CARCASA EXTERIOR	Protege los componentes internos de partículas, polvo y salpicaduras.	El equipo no responde a los comandos seleccionados.	Acumulación de polvo.	El equipo no funciona de forma adecuada.	Limpie el equipo y remítase al instructivo I-MTO-32.
TECLADO	Conjunto de teclas que actúan como palancas mecánica o interruptores electrónicos que envían información al equipo.		El teclado esta averiado.	Es imposible realizar el análisis.	
SISTEMA DISPLAY	Pantalla que permite visualizar los resultado del proceso.	El equipo prende pero no se logra divisar nada en la pantalla.	Exceso de calor.	Los terminales se desprende por el calor.	Remítase al instructivo I-MTO-32 o llame a soporte técnico.
SISTEMA PORTA CUBETAS	Sistema conformado por un soporte para cubetas el cual se puede adaptar dependiendo del diámetro de la cubeta.	Error en las mediciones.	Falta de limpieza en las cubetas y el ensamble del filtro.	Los resultados pierden credibilidad.	Remítase al instructivo I-MTO-33.
			Presencia de burbujas en la cara interior de la cubeta.		Deje reposar las muestras durante varios minutos y después invíértalas con delicadeza dos o tres veces antes de medirlas.
		En la pantalla aparece ERR07.	Fuga de luz		Cierre la tapa y reinicie el instrumento.
SISTEMA OPTICO	Sistema compuesto En e	En la pantalla aparece ERR03.	Poca luz por obstrucción de algún objeto o por que la lámpara no esta encendida.		Asegúrese de que la lámpara este incendiada y de que no ningún objeto interfiera en la trayectoria del haz de luz.
			La lámpara esta averiada.		Si tiene la lámpara realice el cambio remitiéndose al instructivo I-MTO-34 en caso de no llamar a soporte técnico.
SISTEMA ELÉCTRICO	Serie de elementos conectados entre cuya función es poner funcionamiento el equipo.	El equipo no prende.	El cable no esta conectado a la fuente de poder.	Es imposible realizar el análisis.	Revise las conexiones.
		En la pantalla aparece ERR10.	No hay energía.		Revise las conexiones.
			Tensión del sistema fuera del intervalo.		Reinicie el instrumento en caso de no funcionar llame a soporte técnico.

Fuente: Autor del proyecto.

## **7. ACTIVIDADES Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS**

Las actividades y programación de mantenimientos preventivos tienen como punto de partida la información encontrada en los manuales, así como también informes de mantenimiento e información encontrada en la web referente al mantenimiento y cuidado de los equipos.

Este proceso lo compone un formato de Excel en el cual se puede encontrar el tipo de equipo al cual se le realizará el mantenimiento preventivo, la actividad a realizar junto con su respectivo instructivo, si es necesario, y la frecuencia de realización. Esta tiene fechas tentativas para las cuales el laboratorio debe acogerse o en su defecto acomodarlas de acuerdo a su conveniencia. Como mecanismo de control se estableció un formato de reporte de fallas o anomalías (Anexo 4), el cual le permite, ya sea al encargado de realizar el mantenimiento preventivo o al analista, informar y tener un documento de respaldo en el cual se puedan reportar las fallas o anomalías presenciadas ya sea a la hora de realizar el mantenimiento preventivo o en el proceso de análisis de muestras. A continuación se presentan los conceptos que se deben tener en cuenta para realizar un adecuado diligenciamiento del formato de fallas y anomalías.

- Área: se registra el área del laboratorio a la cual pertenece el equipo.
- Equipo: se asigna el nombre del equipo.
- Código: se menciona el código del equipo; este código es el asignado por el laboratorio.
- Fecha de elaboración: en este campo se registra la fecha exacta en la que se elaboró el formato.
- Fecha de la falla: en este campo se registra la fecha exacta en la que ocurrió la falla.
- Hora de la falla: se registra la hora exacta en la que ocurrió la falla.
- Descripción de la falla: se registra detalladamente todo lo referente a la falla, teniendo en cuenta sus causas y consecuencias.

- Frecuencia de la falla: este tiene como fin determinar la ocurrencia con la cual ocurre la falla, teniendo en cuenta los efectos negativos que podría producir al proceso de análisis de muestras.
- Acciones tomadas: este campo va dirigido a la persona que acude a revisar la falla, para registrar las actividades realizadas para solventar la misma. Dicha persona deberá incluir que método utilizó para solventar la falla (instructivos).
- Personal involucrado: en este campo se registran las personas que hicieron parte del proceso de mantenimiento del equipo.
- Fecha y hora de entrega de equipo: luego de intervenido el equipo, es necesario que se registre la fecha y hora exacta en que se entregó.
- Tiempo de parada: este campo está destinado al registro del cálculo del tiempo que estuvo inhabilitado el equipo.
- Estado: se registra en qué estado se encuentra el equipo después de desarrollar las acciones tomadas.
- Observaciones: se registran las observaciones que se consideren necesarias. Por ejemplo, las acciones tomadas por laboratorio que no lograron solventar la falla; se acude a personas más capacitadas (soporte técnico).

También fue necesario realizar un ajuste a las hojas de vida de los equipos, con el fin de tener una hoja de vida más completa y acorde con las exigencias de la norma ISO/IEC 17025.2005. Para ello se agregaron campos como:

- Características metrológicas: en este campo se tienen en cuenta aspectos como la medición a realizar dependiendo del método, rango de uso, resolución, exactitud, frecuencia de calibración, frecuencia de verificación y patrones. Todas estas, variables relacionadas con el equipo.
- Resultados de intervenciones metrológicas: en este campo se pretende tener un control y sintetizar los resultados obtenidos en las intervenciones metrológicas. Estas son

mantenimientos preventivos, calibraciones, calificaciones y verificaciones internas o externas; cada una debe tener una fecha, la observación del encargado del área metrología. Si estas son calibraciones o verificaciones internas o externas, se tiene la opción de agregarle el máximo error permitido por el método, el error obtenido, el rango y la corrección que se le deba hacer a la medida al tomarla.

Todos estos cambios se pueden observar en los Anexos 5 y 6, en donde el Anexo 5 es el que no está actualizado mientras que el Anexo 6 sí lo está.

Todos estos cambios se pueden observar en los Anexos 5 y 6, en donde el Anexo 5 es el que no está actualizado mientras que el Anexo 6 sí lo está.

## **8. PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE METROLOGÍA**

El Laboratorio de Salud Pública de Risaralda cuenta en estos momentos con un plan de metrología y mantenimiento básico; cada año se realiza una licitación de tal forma que todas las empresas que están dispuestas y tengan las capacidades de suplir la necesidad de calibrar y realizar el mantenimiento a los equipos del laboratorio pueda participar. El problema con este proceso es que es poco práctico y económico, ya que muchos de los equipos no necesitan, ni presentan fallas o anomalías a lo largo del año, además los costos que representan son demasiado altos, representando para la Secretaría de Salud un gasto innecesario. Sin embargo, debido a las exigencias de la norma ISO/IEC 17025:2005, se ve en la obligación de realizar tal gasto, ya que esta norma busca trazabilidad en todos los procesos realizados por el laboratorio y dicta “Se deben establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores esenciales de los instrumentos cuando dichas propiedades afecten significativamente a los resultados” y “El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento, el uso y mantenimiento planificado de los equipos de medición con el fin de asegurar el funcionamiento correcto y de prevenir la contaminación o el deterioro”. La secretaría ha buscado que todo el personal del laboratorio se capacite y conozca más acerca de la norma ISO/IEC 17025:2005 y de los programas de metrología y mantenimiento que se están implementado en este momento en laboratorios de la talla del INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y

Alimentos), de tal forma que estén en la capacidad de proponer acciones y soluciones que permitan contrarrestar los problemas que se evidencian en este momento en el laboratorio. Por tal razón, en el mes de noviembre se asistió a la charla (Anexo 7) de fundamentos de metrología y confirmación metrológica ofrecida por el Instituto Nacional de Metrología de Colombia. En ella se tocaron temas fundamentales como los requerimientos de la NORMA ISO/IEC 17025:2005 para el control de los equipos y la aplicación de los conceptos metrológicos en el desarrollo de modelos de procedimientos de gestión metrológica.

Partiendo de estos conceptos y con el apoyo de gente con experiencia en el planteamiento e implementación de planes de metrología, se propuso una serie de actividades, con sus respectivas necesidades y alcances (tabla 14), buscando contribuir a lograr establecer y montar un plan de metrología acorde a las necesidades del laboratorio.

La consolidación de un plan de metrología sería de gran ayuda para lograr los objetivos del laboratorio de acreditarse bajo la norma 17025, además de reducir costos en el mantenimiento externo y calibración de los equipos y por supuesto de mejorar la calidad del servicio prestado a la comunidad.

Las actividades han sido organizadas acorde a lo pedido por la norma 17025, procurando también contribuir a la consolidación de un plan de mantenimiento interno, el cual a partir de las herramientas realizadas en los ítems anteriores se pueda reforzar, implementando el mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos. Por ello es necesario que se establezcan como obligaciones y procesos de calidad el cumplimiento de las actividades y programación de mantenimiento preventivo realizado en el ítem anterior.

**Tabla 14.** Actividades a desarrollar para el desarrollo de un plan de metrología.

Actividad	Necesidades	Alcance
Revisión del inventario y rotulado de equipos de acuerdo a la norma 17025:2005.	Inventario año 2017 y documentación relacionada con el rotulado de los equipos año 2017.	Se revisara todo el inventario de los equipos del año 2017, percatándose que este al día con su codificación, rotulado y estado de funcionamiento.
Clasificación de los equipos de acuerdo a su grupo de variable.	Para desarrollar este punto se necesita que la actividad 1 este lista.	Se clasificaran todos los equipos que se encuentren dentro del inventario revisado anteriormente de acuerdo a variables como temperatura, presión, volumen y entre otras.
Caracterización de los equipos del laboratorio(análisis-capacidad de medicion-tolerancia-error-confiabilidad-sensibilidad-exactitud-resolucion)	Analistas con conocimientos en las técnicas realizadas con los equipos, certificados de calibración, mantenimiento, calificación y hojas de vida de los equipos.	Con base en la clasificación por variables se realizara una extensa caracterización de las variables metrológicas de cada equipo.
Revisión de los parámetros utilizados para la evaluación de la criticidad y la determinación de la frecuencia de calibración para el desarrollo del plan de metrología externo.	Reunión o mesa de trabajo en la cual se revise y analice los parámetros utilizados en los formatos.	Se revisara y analizara los parámetros utilizados en los formatos de Excel buscando determinar si son las variables idóneas para la realización de los procesos de jerarquización y frecuencia de calibración.
Recolección de los datos de acuerdo a los parámetros establecidos para la evaluación de la criticidad y la determinación de la frecuencia de calibración.	Para desarrollar este punto se necesita que la actividades 4 y 3 este lista, analistas con conocimientos en las técnicas realizadas con los equipos, certificados de calibración, mantenimiento, calificación y hojas de vida de los equipos.	Con el apoyo del personal del laboratorio se recolectara los datos necesario para lograr establecer análisis de criticidad y la frecuencia de calibración.
Con los datos obtenidos establecer la criticidad y la frecuencia de calibración.	Para desarrollar este punto se necesita que la actividad 5 este lista.	Con base en los datos que se obtengan se obtendrá un análisis objetivo de criticidad que permita filtrar y concentrar esfuerzos en los equipos de mayor jerarquía como también se obtendrá una base de la cual se puede apoyar tanto el plan metrológico interno como el externo.
Documentar e implementar los procedimientos verificación, verificaciones intermedias, mantenimiento, calibración, calificación, traslado, transporte, préstamo, formato de uso de equipos, deriva y autorización de personal.	Capacitación en las normas Eso (14001-12025-22000-9001-17001-18001-17850) e Eso: 12012 NTC: 17025:2005.	Tener todos los documentos que sustente las diferentes ante diferentes procedimientos teniendo en cuenta todo el proceso realizado a lo largo de las actividades completadas anteriormente.
Documentar e implementar el plan metrológico interno y externo del laboratorio de salud pública de Risaralda.	Capacitación con el instituto nacional de metrologia e INS.	Lograr establecer un plan de metrología interno y externo que permita tener una base clara y objetiva a la hora de tomar decisiones respecto a la calibración y mantenimiento de los equipos del laboratorio.
Elaborar e implementar las cartas de operación de los equipos que lo requieran.	Manuales del equipo y hojas de vida.	Lograr cumplir los objetivos de la norma 17025:2005 referentes a la utilización de los equipos.
Documentar e implementar los procedimientos de reporte de fallas e inconformidades, autorizaciones, patrones de referencia.	Capacitación con el instituto nacional de metrologia e INS.	Lograr cumplir los objetivos de la norma 17025:2005 referentes a la administración de los equipos.
Determinar por equipo dependiendo de su variable, métodos de operación y condiciones ambientales de operación los patrones de referencia y los insumos a utilizar.	Analistas.	Lograr un control y una buena toma de decisiones a la hora de escoger y utilizar los patrones de referencia y los insumos de los equipos.
Realizar verificaciones intermedias de los equipos.	Patrones de referencia: termocupla, Termómetro, kit de masas, insumos de referencia.	Con el apoyo del personal del laboratorio se espera mecanizar un proceso esta disco el cual permita conocer el estado del equipo desde el punto metrológico para de esta manera tener un control objetivo y claro de los tiempos de calibración, tenido claro que la actividad 6 es de gran ayuda para la toma de estas decisiones.
Documentar e implementar la verificación de material de vidrio volumétrico.	Analista, material de vidrio volumétrico, balanza y kit de masas.	lograr constatar y tener fundamentos que permitan dar por sentado de la fiabilidad de los instrumentos de material volumétrico de vidrio.

Fuente: Autor del proyecto.



## 9. CONCLUSIONES

- En este trabajo se implementó la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad de los equipos del Laboratorio De Salud Pública, para llevar a cabo dicho trabajo fue necesario seguir un proceso el cual consistía en revisar el inventario de los equipos del laboratorio como también sus respectivas hojas de vida, para luego a partir de un análisis de criticidad determinar cuáles eran los equipos prioritarios, para de esta manera desarrollar una análisis de modo y efecto de falla, permitiendo conocer de manera detallada los componentes que contribuyen al funcionamiento de tales equipos y sus posibles falla y ya por ultimo conociendo las posibles fallas potenciales se desarrollaron acciones que permitieran contrarrestar dichos problemas, para este caso se implementaron instructivos como también actividades de mantenimiento que al implementarse de manera adecuada, lograrían los objetivos de la RCM.
- La falta de conocimiento con respecto a algunos procesos como la administración de los equipos y a la poca unión del grupo de trabajo han generado desinformación y poca objetividad a la hora de proponer y desarrollar planes de acción que contribuyan a mejorar o erradicar los problemas del Laboratorio De Salud Pública de Risaralda.
- La metrología hoy en día se ha convertido en uno de los pilares fundamentales para la buena prestación del servicio, como herramienta que le brinda a las directivas la posibilidad de tomar decisiones adecuadas desde el punto de vista económico, laboral y administrativo.
- El creciente interés de las industrias por el campo de la metrología, le abre una puerta a la Facultad de Ingeniería Mecánica para que reoriente asignaturas como mantenimiento, de tal forma que vaya de la mano de la metrología.
- El mantenimiento centrado en la confiabilidad es efectivo como una herramienta que le permite a un grupo de trabajo formular estrategias de gestión de activos físicos en prácticamente todas las áreas.
- Realizar un análisis de modos y efectos de fallas, además de permitir identificar los problemas potenciales y sus posibles soluciones, también le permite al analista conocer más a fondo el funcionamiento del proceso o el sistema a analizar, tener un amplio conocimiento de cómo

funciona y de qué elementos lo compone. Le trae grandes beneficios al analista, permitiéndole mejorar su toma de decisiones a la hora de manejar el equipo.

- La calidad y veracidad de los resultados dados por el laboratorio dependen en gran medida de los equipos. Es por ello que es necesario controlar y ejercer un plan de mantenimiento interno y externo, y un plan de metrología que le brinde la certeza al cliente de que los resultados arrojados son los correctos, es necesario aclarar que la competencia y conocimiento de los analistas tiene gran influencia a la hora de dar un resultado.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de Salud (2016) Laboratorio de salud pública [En línea] <http://www.risaralda.gov.co/salud/publicaciones.php?id=1246/> [Consultada 21 de diciembre de 2017].
- [2] Análisis del Sector-Estudio Previo Contratación Directa [En línea] <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=17-12-6363794> [consultada 21 de diciembre de 2017]
- [3] MORA, Alberto. Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control. [En línea] <http://slideplayer.es/slide/5249987/> [Consultada 21 de diciembre de 2017]
- [4] Fundamentos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. [En línea] <http://reliarisk.com/post/fundamentos-de-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad> [consultado 22 de diciembre de 2017]
- [5] Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. [En línea] [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35711506/MANTENIMIENTO\\_CENTRADO\\_EN.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1513967240&Signature=Z07YTLox6gYHPoDqBeBuS9EYquw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMANTENIMIENTO\\_CENTRADO\\_EN\\_LA\\_CONFIA\\_BILID.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35711506/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1513967240&Signature=Z07YTLox6gYHPoDqBeBuS9EYquw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIA_BILID.pdf) [consultado 22 diciembre de 2017]
- [6] Norma Técnica NTC-ISO/IEC 17025. [En línea] [https://www.invima.gov.co/images/pdf/red-nal-laboratorios/resoluciones/NTC-ISO-IEC\\_17025-2005.pdf](https://www.invima.gov.co/images/pdf/red-nal-laboratorios/resoluciones/NTC-ISO-IEC_17025-2005.pdf) [Consultado 22 diciembre de 2017]
- [7] MENDOZA, Rosendo. El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. [En línea] <http://www.mantenimientomundial.com>, 2005.[ Consultada 19 de diciembre de 2017]
- [8] Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales [En línea] <https://es.scribd.com/doc/111321077/AMEF-Tercera-edicion>. [Consultada 20 de diciembre de 2017]

[9] MONTILLA, Carlos Alberto (2016) Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira

[10] Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2012). Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. Asesoría Integral en Ingeniería de Confiabilidad.

***Anexo 1: Equipos críticos***

[..\Trabajo final\Inventario y equipos criticos\EQUIPOS CRÍTICOS.xlsx](#)

***Anexo 2: AMEF***

[..\Trabajo final\AMEF](#)

### *Anexo 3: Instructivos*

[..\Trabajo final\Instructivos](#)

***Anexo 4: Plantilla hoja de vida sin cambios***

[..\Trabajo final\Plantillas hoja de vida equipos\F-MET1 Hoja de Vida de Equipos.xlsx](#)





***Anexo 5: Plantilla hoja de vida con cambios***

[..\Trabajo final\Plantillas hoja de vida equipos\F-MET1 Hoja de Vida de Equipos2.1.xlsx](#)

*Anexo 6: Certificado de asistencia capacitación metrología*

[..\Trabajo final\Certificado de asistencia capacitación metrología\21. JULIAN DAVID ORTIZ  
UMAÑA.pdf](#)

### Anexo 7: Formato de falla

 		<b>DEPARTAMENTO DE RISARALDA</b> Secretaría de Salud GESTIÓN EN SALUD LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA <b>REPORTE DE FALLA</b>			
<b>Versión: 00</b>		<b>Vigencia: 10-2017</b>			
<b>FECHA ELABORACIÓN:</b>		<b>FECHA DE FALLA:</b>		<b>HORA DE FALLA:</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>AREA</b>	<b>CODIGO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN DE LA FALLA</b>					
<b>FRECUENCIA DE LA FALLA</b>					
<b>FECHA ULTIMA FALLA</b> DD/MM/AAAA	<b>MUESTRAS SIN ANALIZAR</b> ULTIMA FALLA MUESTRAS/HORA	<b>FECHA FALLA ACTUAL</b> DD/MM/AAAA	<b>MUESTRAS SIN ANALIZAR</b> MUESTRAS/HORA		
<b>TOTAL</b>					
<b>MUESTRAS ACUMULADAS</b> MUESTRAS/HORA		<b>Nº OCURRENCIAS</b> Nº		<b>TIEMPO ACUMULADO</b> HORAS	
<b>ACCIONES TOMADAS</b>					
<b>PERSONAL INVOLUCRADO</b>					
<b>FECHA Y HORA DE ENTREGA DE EQUIPO:</b>		<b>TIEMPO DE PARADA</b>	<b>ESTADO DEL EQUIPO</b>		
DD/MM/AAAA	HORA				
<b>OBSERVACIONES</b>					

Fuente. Autor del proyecto.